

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ТЕХНОЛОГИИ ВОЛОЧЕНИЯ ПОЛОС В РОЛИКОВОЙ ВОЛОКЕ

Способ получения различных простых и фасонных профилей волочением через роликовые волокни получает в последнее время все большее применение в отечественной и зарубежной практике [1—5]. Этот способ эффективен в производстве различных полосовых профилей электротехнического назначения из меди и ее сплавов: шин прямоугольного сечения, коллекторных трапецеидальных полос для электрических машин и других фасонных изделий.

Роликовые волокни позволяют существенно повысить интенсивность вытяжки, ликвидировать часть промежуточных отжигов, сократить маршруты волочения. Кроме того, увеличение обжатий приводит к значительному росту твердости готовых полос, что весьма важно в связи с требованиями, предъявляемыми к этим изделиям в последнее время.

Для разработки рациональной технологии и конструирования роликовой волокни необходимо уметь определять усилие волочения, давление металла на ролики, диаметр роликов, назначать вытяжку, выбирать тип и габариты подшипников.

В статье рассмотрен с привлечением энергетического метода процесс волочения полосы через неприводные ролики в условиях плоской деформации. Теоретический анализ выполнен с использованием следующих допущений: принята гипотеза плоских сечений, дуга охвата заменена хордой. В результате получены формулы для расчета основных технологических параметров волочения полос через роликовую волокни (таблица), которые использованы также для выбора подшипников волокни. Кроме того, в таблице представлены полученные энергетическим методом формулы для расчета напряжения волочения (7) и удельного давления на волокни (8) при обычном волочении полосы. Нетрудно заметить, что формула (7) близка к известным формулам, полученным другими методами [6, 7], или совпадает с ними.

Анализ показывает, что формулы (1) и (2) при $m = 1$ и $A = 0$ сводятся к формулам, полученным для обычного волочения. Из сравнения (1) и (7) легко установить, что усилие волочения через роликовую волокни значительно меньше усилия при обычном волочении. Это объясняется тем, что при волочении через ролики мощность трения на поверхности инстру-

Зависимость для расчета технологических параметров волочения полюс

Технологические параметры	Расчетные формулы	Номера формул	Обозначения и примечания
Напряжение волочения	$\frac{p}{1,15\sigma_s} = (\ln\lambda + \frac{\mu}{2}) \frac{\alpha \cdot 1 + \frac{\mu}{\alpha}(2m - 1)}{1 + \frac{\mu}{\alpha}A}$	(1)	λ – вытяжка α – полуугол охвата, рад μ – коэффициент внешнего трения
Среднее удельное давление	$\frac{p_c}{1,15\sigma_s} = \frac{P/1,15\sigma_s}{(\lambda - 1) \left[1 + \frac{\mu}{\alpha}(2m - 1) \right]}$	(2)	$\mu_{ц}$ – коэффициент трения в цапфе; для подшипников качения $\mu_{ц}=0,005-0,01$ H_1 – толщина полюсы после волочения, мм
Предельно допустимые вытяжки	$\ln\lambda_{пред} = \frac{1}{1 + \frac{\mu}{\alpha}(2m - 1)} - \frac{\alpha}{2}$	(3)	m – параметр, характеризующий положение критического сечения – отношение критического угла к углу охвата;
Оптимальный угол охвата, обеспечивающий минимальное усилие волочения	$\alpha_{опт} = \sqrt{2\mu(2m - 1)\ln\lambda}$	(4)	$m = 0,5-0,6$ σ_s – сопротивление деформации; выбирается в зависимости от степени деформации
Диаметр ролика	$D_p = \frac{H_1}{4\mu(2m - 1)}$	(5)	D_p и $D_{ц}$ – диаметры ролика и его цапфы, мм
Положение критического сечения	$m = 0,5 \left(1 + \frac{\mu_{ц}}{\mu} \cdot \frac{D_{ц}}{D_p} \right)$	(6)	Отношение $\frac{D_p}{D_{ц}}$ необходимо выбирать по возможности наименьшим, так как это приводит к снижению усилия волочения. На практике целесообразно выбирать $\frac{D_p}{D_{ц}}=0,5$.
Напряжение волочение	$\frac{P}{1,15\sigma_s} = \left(\ln\lambda + \frac{\alpha}{2} \right) \left(1 + \frac{\mu}{\alpha} \right)$	(7)	Для практических расчетов параметр $A = -0,06$
Среднее удельное давление	$\frac{p_c}{2\sigma_s} = \frac{p/1,15\sigma_s}{(\lambda - 1) \left(1 + \frac{\mu}{\alpha} \right)}$	(8)	

мента снижается в 5—10 раз по сравнению с мощностью трения при обычном волочении. Снижение усилия при роликовом волочении наиболее существенно при значениях m , близких к 0,5 (даже при высоком коэффициенте трения μ). Это условие технологически просто выполнимо. Из (6) видно, что при коэффициенте трения в цапфе ролика $\mu_{ц} = 0,01$ (это соответствует трению в подшипниках качения) условие $m \leq 0,55$ будет выполнено при $\mu \geq 0,05$ и отношении $\frac{D_{ц}}{D_p} = 0,5$, что обычно встречается на практике.

На рис. 1 приведены графики для расчета усилия волочения и давления металла на ролики, на рис. 2 — диаграмма предельных вытяжек, построенная по (3), и график оптимальных углов, обеспечивающих минимальное усилие волочения.

Как показывают расчеты, влияние коэффициента μ на силовые условия значительно лишь при очень малых углах α ; с увеличением α влияние μ снижается и при $\alpha = 8 \div 9^\circ$ становится незначительным.

Из сказанного выше можно сделать вывод, что при роликовом волочении состояние поверхности инструмента не оказывает столь заметного влияния на усилие волочения, как при обычном волочении, и для снижения усилия не следует добиваться высокой чистоты поверхности инструмента. Чистота рабочей поверхности ролика должна связываться, в первую очередь, с требуемой чистотой поверхности изделия.

Приведенные зависимости были проверены экспериментально. Через роликовую волоку с диаметром роликов $D_p = 63$ мм протягивали с различными вытяжками полосы из меди и сплава меди с 1% кадмия (сплав МК). При этом измеряли напряжение p и удельное давление p_c на волоке. Волочению подвергали полосы с различной предварительной степенью деформации; для установления предела текучести проводили специальные опыты. Как видно из графиков рис. 1, расчетные формулы хорошо согласуются с опытными значениями. Это свидетельствует о том, что приведенные выше формулы могут быть использованы для расчета технологического процесса роликового волочения и проектирования промышленных конструкций роликовых волок.

Полученные зависимости могут быть использованы также при выборе подшипников, что является важным этапом при проектировании роликовой волоки (особенно компактной конструкции).

Для того, чтобы подшипник удачно вписался в конструкцию волоки, его наружный диаметр D должен быть меньше диаметра ролика D_p . Внутренний диаметр подшипника d должен удовлетворять условию прочности цапфы ролика. С учетом значительного давления металла на ролик следует выбирать наиболее грузоподъемные подшипники с меньшим на-

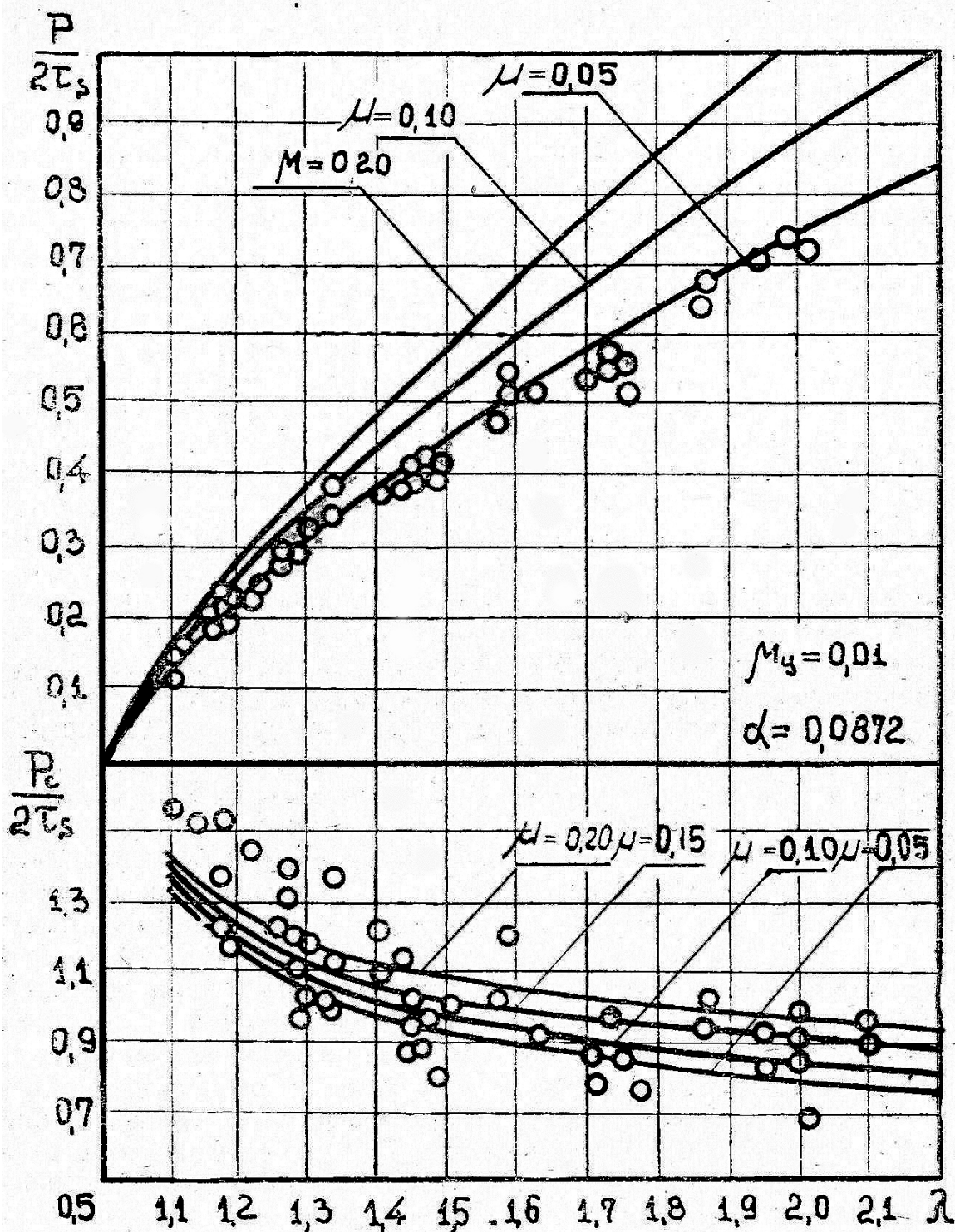


Рис. 1. Расчетные и опытные значения напряжения волочения через роликковую волоку и удельного давления при $\frac{D_u}{D_p} = 0,5$

ружnymi и большим внутренним диаметрами: двухрядные конические или сферические, игольчатые и т.п.

Используя приведенные формулы, можно предложить следующий порядок выбора подшипников:

1) определение среднего удельного давления p_c по графику рис. 1 или по формуле (2);

- 2) расчет полного давления металла на ролики по формуле

$$P = p_c B l,$$

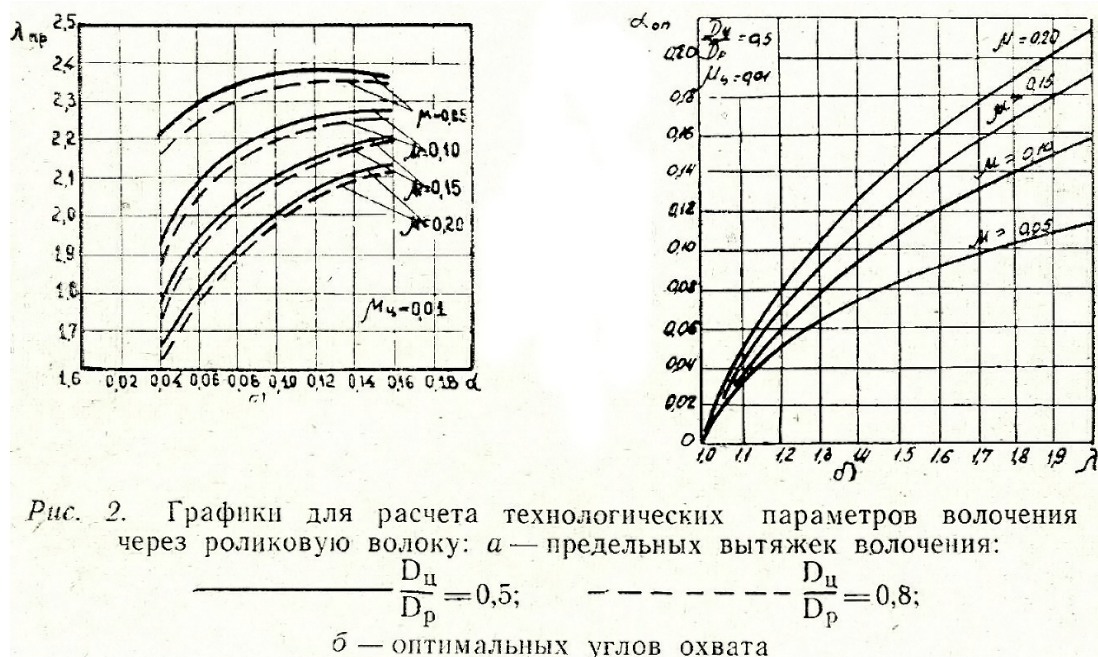
где

B – ширина полосы;

$l = \sqrt{\Delta H R_p}$ – длина очага деформации;

R_p – радиус ролика, рассчитываемый ориентировочно по (5);

- 3) определение коэффициента работоспособности подшипника C по графику рис. 3, построенному с использованием данных работы [8];



- 4) выбор подшипника на основе найденного коэффициента работоспособности C по справочным таблицам [8];

- 5) проверка соответствия наружного диаметра подшипника D диаметру ролика D_p ; прочностной расчет цапфы ролика, определяемой внутренним диаметром подшипника d .

Если выбранный подшипник не проходит по габаритам или прочностному расчету, то следует увеличить D_p и по новому C выбрать подшипник, удовлетворяющий требуемым условиям.

За счет снижения усилия при волочении через роликовую волоку по сравнению с обычным волочением резко повышается степень вытяжки за проход и протягиваемый металл дополнительно упрочняется. Это обстоятельство может быть использовано для создания технологического процесса производства полос высокой твердости.

На основе предложенной методики расчета технологических параметров и выбора подшипников была спроектирована и изготовлена промышленная двухроликовая волока ($D_p = 170\text{ мм}$)

для получения прямоугольных и трапецеидальных полос шириной до 50 мм из меди и медных сплавов. Через эту волоку, установленную на волочильном стане ВСГ-1/1000, были протянуты опытно-промышленные партии прямоугольных и коллекторных полос за 2—3 прохода без отжигов. При этом измерялась твердость готовых изделий.

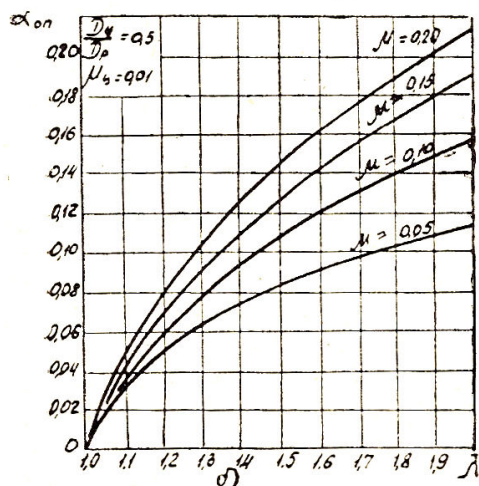


Рис. 3. График для определения коэффициента работоспособности подшипника С при расчетной долговечности $h=1000$ час

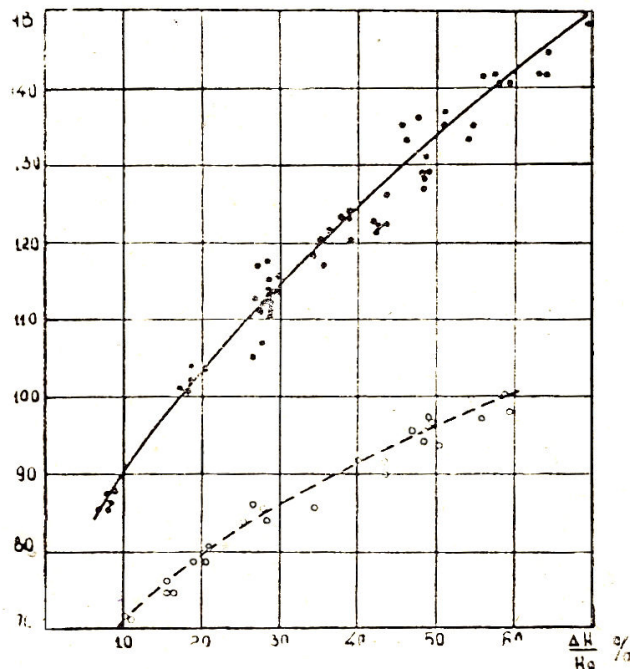


Рис. 4. Опытные значения твердости медных (штриховая линия) и медно-кадмиевых (сплошная линия) полос после волочения в роликовой волоке

Следует отметить, что существующая технология предусматривает получение этих полос многократным волочением горячекатаных или горячепрессованных заготовок через целиковые стальные или твердосплавные волоки. Волочение осуществляется с небольшими частными вытяжками, промежуточными отжигами, травлениями и т. п.; в результате твердость поставляемых полос составляет: для меди — 75 HB, для меди с кадмием — 95 HB (ГОСТ 4134—48).

На рис. 4 приведены опытные значения твердости медных и медно-кадмиевых полос, полученных волочением через описанную выше роликовую волоку в производственных условиях. Как видно из рис. 4, при волочении через роликовую волоку твердость готовых полос повысилась до 90—95 HB (медь М1) и до 120—125 HB (сплав МК). Из рисунка также видно, что при необходимости твердость изделий может быть еще более увеличена. Такие значения твердости достигаются при роликовом волочении за счет значительного повышения частных и

суммарных вытяжек и ликвидации промежуточных отжигов. Это обстоятельство, кроме того, приводит к резкому снижению трудоемкости производства и повышению производительности труда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Махнев И. Ф., Гроссман Х. Б., Гамбург М. Я., Толстых Э. А. Производство и применение стальных фасонных профилей высокой точности. Ижевск, «Удмуртия», 1967.
2. Тарнавский А. Л., Гайдученко В. И. Производство мелкой фасонной проволоки в роликовой волоке. — «Сталь», 1963, № 10.
3. Рябчикова О. А., Хромов П. И., Ревзина Ф. С., Фудим Л. И., Петров П. Е. Изготовление клиновидной и иксообразной канатной проволоки протяжкой через два неприводных ролика. — «Сталь», 1966, № 6.
4. Гокую Изадо. Роликовые волочильные аппараты для волочения проволоки. — «Wire and W.Product», 1965, № 6.
5. Райт А. Производство плоской проволоки и простых профилей. Прокатка и волочение через четырехроликую головку. — «Экспресс-информация ППО», 1969, № 43.
6. Губкин С. И. Пластическая деформация металлов. Т. 3. М., Металлургиздат, 1961.
7. Хилл Р. Математическая теория пластичности, М., Гостехиздат, 1956.
8. Бейзельман Р. Д., Цыпкин В. В., Перель Л. Я. Подшипники качения. М., «Машиностроение», 1967.